

УДК 631.92/96

М.А.Проскуряков

Институт ботаники и фитоинтродукции
г. Алма-Ата, Республика Казахстан

ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ



С прогрессирующим ростом населения Земли проблема обеспечения его продовольствием становится все более острой. По данным экспертов ООН число голодающих уже превысило миллиард человек. И причиной тому не только темпы роста населения, но и огромный риск, непредсказуемость производства сельскохозяйственной продукции, которые связаны с природной изменчивостью погодно-климатических условий. Выходом из создавшегося положения может быть применение такой системы земледелия, которая позволит минимизировать риски, обусловленные выращиванием растений в режиме изменчивости климата. Поэтому целью данной статьи ставилось рассмотреть концептуальную основу такого решения проблемы.

Фундаментальные представления о климате Земли были сформированы к концу прошлого столетия. И одним из главных результатов исследований ведущих климатологов стал вывод о том, что климат Земли не остается неизменным. Он непрерывно и циклично колеблется, даже если при этом его глобальных изменений не происходит. Такие циклические колебания могут быть обусловлены влиянием океанов, их течений, внутриматериковыми движениями воздушных масс и космическими причинами. В том числе - динамикой солнечной активности. Причем в разные месяцы года имеет место своя специфика цикличности данного процесса. Например, Г.Н. Чичасовым (1991), исследовавшим многолетнюю цикличность колебаний термического режима в Казахстане, было установлено, что для января здесь характерны 9, 21, 25 и 34-летние колебания средних ме-

сячных температур воздуха. В апреле амплитуды колебаний температуры имеют 5, 8 и 16-ти летнюю цикличность. А в диапазоне от 25 до 50 лет в апреле наиболее четко прослеживаются циклы длительностью 29, 32-34 и 37 лет. В июле проявляются 5, 7, 12, 17, 28, 37 и 38-летние циклы колебания средних месячных температур воздуха, в октябре диагностировались 15, 21 и 34-летние циклы и менее четко - колебания длительностью 24 и 36 лет. Обнаруженные Г.Н. Чичасовым многолетние колебания термического режима имели как региональные, так и планетарные причины. При этом они происходили на фоне одновременного общего потепления климата Земли.

Отмеченные результаты исследований климатологов заслуживают самого серьезного внимания в аспекте понимания функционирования всего растительного покрова Земли, в том числе растений, обеспечивающих продовольственную безопасность населения. Путем циклических колебаний климата природа постоянно, на всей планете изменяет условия обитания растений и непрерывно переводит их в другую среду обитания.

Но, как известно, растения проявляют очень высокую чувствительность и избирательность к среде обитания. Это убедительно доказано многочисленными работами географов, геоботаников, палеоботаников, физиологов, генетиков, почвоведов, экологов. Такая чувствительность подтверждается и всем опытом фитоинтродукторов, которые искусственно переносили растения в новые климатические условия. Изменение климата при интродукции растений влияло на динамику их роста и развития, биохимические реакции и модификации, ферментативные и физиологические процессы. На их морфологическое строение: габитус, облиственность, размеры листьев, развитость корневых систем, жизненную форму. На скорость старения и долголетие организмов. А в итоге - на их биологическую продуктивность в целом (Проскуряков, 2012).

В свете этого уместно отметить, что ряд особенностей климатогенных смещений в жизнедеятельности растений удалось выяснить и по материалам многолетних хронобиологических исследований растительных объектов Казахстана. Оказалось, что климатогенная изменчивость растений тоже циклична. Данное свойство закономерно проявлялось даже на стационарных объектах, притом и в период глобального потепления. Полученные результаты хронобиологических исследований статистически значимо (часто с вероятностью до 99,9%) свидетельствовали о том, что при циклических колебаниях климата происходят закономерные, интенсивные и очень важные для растений изменения в их жизнедеятельности. Такие изменения констатировались у растений самых разных форм жизни (лиан, трав, кустарников, деревьев), разных видов, внутривидовых форм и сортов. У растений, интродуцированных из европейской и дальневосточной части территории России, Японии, Китая, Америки, гор Кавказа и ряда других регионов. И у аборигенных растений, обитающих в пределах крупного экологического полигона - от гор Северного Тянь-Шаня до пу-

стынь Южного Прибалхашья (Проскуряков, 2012, 2013в; Проскуряков и др., 2013а,б,в).

При этом были установлены факты циклических смещений всех фаз развития растений и длительности периода их вегетации, продуктивности, качества семян, режима плодоношения; а также нектаропродуктивности энтомофильных растений, определяющей исход перекрестного опыления, успешность процесса их репродукции и важнейших биотических связей. О том, насколько существенна такая цикличность для жизни растений, свидетельствуют факты значительных смещений и разбалансировки их свойств, которые закономерно проявляются в географических масштабах всего ареала растительных таксонов, как в равнинных, так и в горных регионах их местообитания.

Оказалось, что циклические колебания свойств растений неизбежно сопряжены с очень глубокими, как неблагоприятными, так и благоприятными изменениями в их жизни. И поэтому рациональное природопользование возможно только на основе точного знания поведения растений в режиме времени флюктуирующего климатического режима. Без этого нельзя понять, как растут и развиваются растения, невозможно прогнозировать и их продуктивность, а также разработать и применить рациональную систему земледелия. Не удастся свести до минимума риски земледелия, кардинально повысить продуктивность агропромышленного растениеводства, кормовой базы животноводства, звероводства, пчеловодства и других отраслей, обеспечивающих продовольственную безопасность стран. Не будут успешными никакие попытки инновационных разработок. Продуктовая безопасность стран останется низкой, а риски и потери делают производство продовольствия нерентабельным.

Географические масштабы происходящих климатогенных изменений у растений иллюстрирует рис. 1, заимствованный из опубликованных Росгидрометом материалов 2-го тома «Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (Оценочный доклад..., 2008). На рис. 1 показано смещение фенофаз у растений березы повислой, зафиксированное к концу 30-летних наблюдений на Восточно-Европейской равнине. Совершенно очевидно, что изображенная на рис.1 картина смещения изофен березы, носит закономерный, а не хаотичный характер. На ней четко разграничены области наиболее мощных, средних и относительно слабых смещений характеристик растений и их географическая приуроченность. Притом имевшие место закономерные смещения сроков наступления фенофаз у березы происходили в период активного потепления климата на европейской территории России за период 1970-2000 гг., что подтверждено всеми материалами исследований Росгидромета.

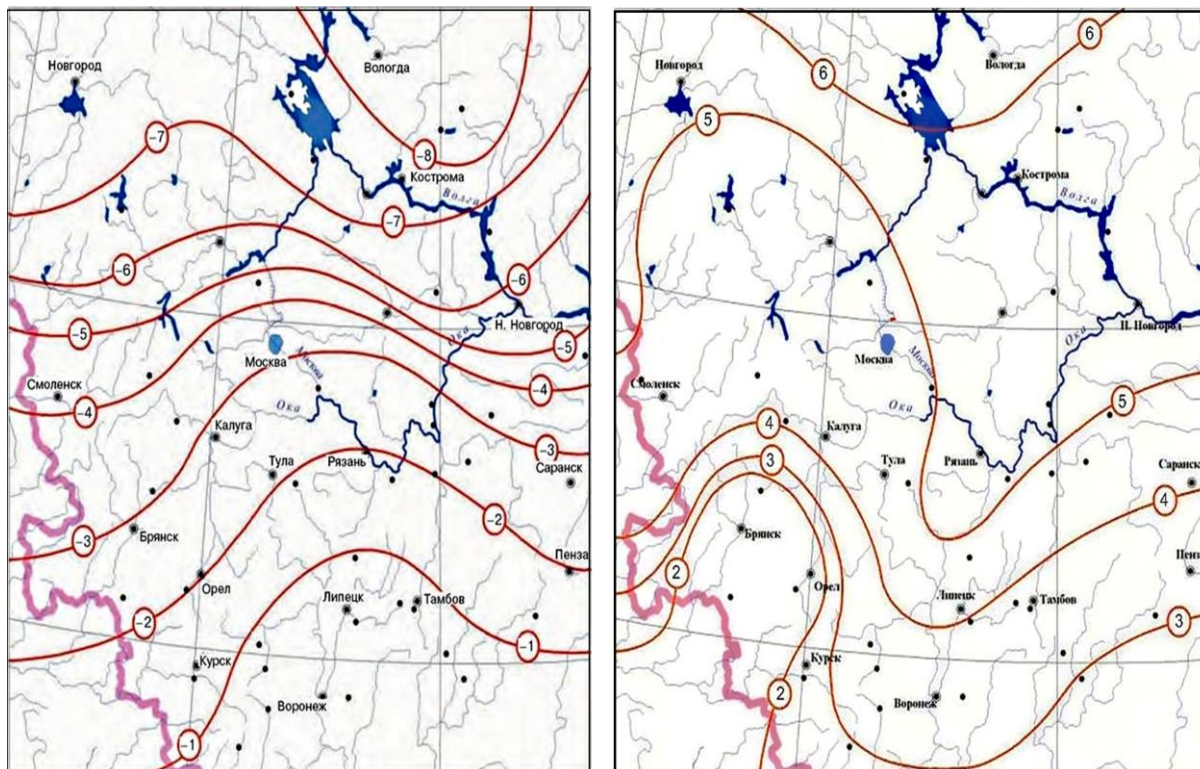


Рис. 1. Изофены смещения (в сутках) развертывания первых листьев у березы по-вислой (слева) и сроков окончания листопада (справа) на европейской территории России за период 1970–2000 гг. (Минин, 2006 а,б; Воскова, 2006; Оценочный доклад..., 2008). Точками показаны пункты фенологических наблюдений. Пояснения в тексте.

По рис. 1 легко убедиться в том, что в широтном направлении наблюдаемые изменения свойств у растений имеют амплитуду, перекрывающую размеры совокупностей границ таких европейских стран, как Германия, Польша, Дания или таких, как Румыния, Украина, и даже наиболее крупных стран Западной Европы, например, Франции. Отсюда можно сделать два вывода. Во-первых, ни одна западноевропейская страна в отдельности не располагает территорией, репрезентативной для всего разнообразия происходящих в широтном направлении климатогенных смещений свойств растений. Следовательно, чтобы отследить и понять такие изменения, необходимо кооперировать наблюдения на межгосударственном уровне. Во-вторых, при условии кооперирования стран их затраты будут менее обременительны. Об этом свидетельствует относительно небольшое (менее 50) количество пунктов наблюдений, по которым было построено картографическое изображение изофен для весьма крупной территории России.

Изофены на рис.1 отражают лишь итоговое смещение свойств растений к концу 30-летнего периода наблюдений. Поэтому было бы неверно полагать, что зафиксированная картина всегда имела постоянную конфигурацию. На самом же деле, как уже было отмечено выше, при колебаниях климата свойства растений непрерывно меняются, притом нелинейно и циклично. Даже если растения находятся на постоянном месте. Следова-

тельно, изображенные на рис. 1 изофены представляют только конечный результат цикличного колебания свойств растений и общего тренда смещения их свойств в режиме глобального потепления климата. Фактически же в охваченном исследованиями 30-летнем периоде эти изофены непрерывно изменяли свою конфигурацию вследствие смещения свойств растений как в широтном, так и в меридиональном направлениях.

Известно, что все фенологические изменения у растений обусловлены физиологическими, биохимическими и ферментативными процессами, ритмом и скоростью происходящих ростовых процессов. Они отражают глубокие внутренние изменения в жизни растений, а также то, насколько условия среды соответствует требовательности и биологическому ритму развития растений, их адаптационной стратегии. Но такие же процессы лежат в основе изменения и всех других свойств растений. На этом основании можно констатировать и общность алгоритмов решения задач картографического изображения смещения любых свойств растений, которые происходят в режиме времени изменения климата Земли. В том числе и алгоритмов картографического изображения варьирования урожайности продовольственных растений. А рис. 1 можно рассматривать как частный пример решения такой общеметодической задачи.

Применение проиллюстрированного на рис.1 алгоритма для картографического анализа географических закономерностей изменчивости урожайности сельскохозяйственных растений даст нам исключительно важный инструмент для практического решения задачи снижения рисков земледелия. Ведь очевидно, что имея картограммы климатогенного смещения урожайности продовольственных растений, можно безошибочно вести их культивирование только в местности, где их продуктивность близка к максимальной. Тем самым удастся эффективно решать проблему продовольствия, причем при минимальных затратах и рисках.

В этой связи необходимо отметить, что такое решение проблемы продовольствия возможно только на основе непрерывного отслеживания всех особенностей цикличной динамики поведения растений и их обобщения в наглядной картографической форме как в широтном, так и в меридиональном направлениях. Такие картограммы изменения продуктивности растений должны сопровождаться информацией обо всех важнейших результатах хронобиологического анализа поведения растений. Необходимая для этого информация может быть получена с помощью разработанной к настоящему времени методической основы хронобиологического исследования происходящих процессов изменения свойств растений (Проскуряков, 2012, 2013б), позволяющей объективно и на статистически значимом уровне определять нужные характеристики происходящих изменений.

Фактическую основу для хронобиологического анализа дадут стационарные хронобиологические наблюдения за поведением растений. Только с их помощью можно получать многолетние временные ряды данных.

Конечно, такие временные ряды отразят как климатогенную изменчивость характеристик растений, так и «шум», обусловленный колебаниями погодных условий и других факторов в период следующих друг за другом лет наблюдений. Но для фильтрации «шума» можно применить корреляционный и регрессионный анализы, позволяющие выявить регулярную (систематическую) компоненту в поведении растений в период действия меняющегося климата. С этой целью растения и формируемые ими растительные сообщества целесообразно рассматривать как процессуальные системы, работа которых отражается последовательностью смены их состояний во время меняющегося климата. Входом в такую процессуальную систему является период жизни (интервал лет), в течение которого она изучается. А его конкретными состояниями - охваченные исследованиями годы наблюдений. Выход системы - исследуемые свойства растений, трансформируемые в период меняющегося климата. Исследуя связь между входом (периодом жизни) и выходом (результатами работы) каждой такой процессуальной системы, удаётся выяснить динамику важнейших характеристик биологических показателей растений, притом даже без использования дорогостоящей метеорологической информации. Теоретическое обоснование, методика и алгоритмы проведения хронобиологического анализа, а также общие рекомендации по размещению хронобиологических стационаров, опубликованы (Проскуряков, 2012, 2013 а, б).

С учетом накопленного опыта этих исследований в основу хронобиологического анализа поведения продовольственных растений должны быть положены стационарные количественные исследования реакции их свойств во времени изменения климатических условий. Тогда полученные по материалам стационаров результаты исследований позволят создавать картограммы с изолиниями продуктивности пищевых растений подобными тем, которые изображены на рис. 1. Но вместе с тем хронобиологический анализ позволяет получить важнейшую дополнительную базу данных. Например, - информацию о статистически значимых числовых оценках степени уязвимости растительных агросистем в пределах всего охваченного исследованиями экологического полигона; данные о направлении, величине и скорости смещения свойств растений в режиме времени изменения климата; графики, отражающие динамику смещения свойств растений, а также аналитические формулы, количественно отражающие временной ход их изменения.

Хронобиологический анализ позволит также оценить вариабельность характеристик растительных агросистем во времени изменения климата и их биологическую устойчивость при его колебаниях, определить перспективность использования тех или иных продовольственных растений в конкретном периоде. Поможет прогнозировать возможный ход дальнейшей трансформации их жизнеспособности и свойств, обнаружить такие сдвиги характеристик растительных агросистем, которые окажутся существенными и угрожают их продуктивности.

В итоге полученная хронобиологическая информация даст возможность оценивать стабильность урожайности продуктовых растений и уязвимость каждой растительной агросистемы в динамике ее развития в пределах географических координат любой изучаемой местности. И хотя результаты хронобиологического анализа не могут в исчерпывающей мере раскрыть биологическую суть происходящих процессов, с его помощью можно уверенно ориентироваться в динамике изменений продуктивности растений в меридиональных и широтных географических границах их оптимумов. Можно оценивать стабильность, уязвимость и ресурсную перспективность каждой культуры пищевых растений, отслеживать адаптационную стратегию пищевых растений, причем в пределах любых изученных периодов их жизни. Удастся определять географические тенденции трансформации их жизнеспособности и продуктивности путем интерполяции данных для экологических ситуаций промежуточных между ключевыми хронобиологическими стационарами. Вся эта информация, размещенная на картограммах урожайности продовольственных растений, выполненных по алгоритму рис.1, позволит достичь наиболее продуктивного, малорискованного, экономичного, но, в то же время, и природосберегающего режима выращивания продовольственных растений.

В развитие сказанного выше необходимо остановиться на особенностях решения проблемы продовольствия в горной местности. В отличие от равнин, здесь главной особенностью является обусловленная горным рельефом мощная локальная дифференциация общеклиматического фона местности (Проскуряков, 1982, 2012). Наглядное представление о важности этого факта дают результаты исследований академика Б.А. Быкова (1950). На примере гор Северного Тянь-Шаня он показал, что в силу только влияния рельефа разнообразие климата и растительности в поясе горных лесов протяженностью 1,5 – 2 км по абсолютной высоте сравнимо с таковым для России на территории от Черного до Белого моря.

Вместе с тем, как и в рассмотренных выше равнинных условиях, в горах имеют место закономерные циклические колебания и общеклиматического фона местности. А в совокупности оба эти явления (обусловленная рельефом дифференциация общеклиматического фона и цикличность его изменения) детерминируют весьма значительную пестроту и колоссальную подвижность территориальных границ оптимумов произрастания горных растений. Следовательно, без учета закономерностей движения пространственных границ оптимумов продуктивности растений рациональное агропроизводство продовольствия в горах невозможно.

Наглядным примером практического решения данной проблемы может послужить жизнь русских отшельников Лыковых, описанная в книге В. Пескова «Таежный тупик» (1990). В ней автор рассказывает о семье старообрядцев, которые в 1937 году поселились в безлюдной горной тайге Хакасии (рис. 2). В год поселения семья Лыковых состояла из шести человек: Карп Осипович (р. ок. 1899) с женой Акулиной Карповной и их

дети - Савин (р. ок. 1926), Наталия (р. ок. 1936), Димитрий (р. ок. 1940) и Агафья (р. 1945). В 1981 году от разных болезней один за другим умерли трое из детей - Савин, Димитрий и Наталья, а в 1988 году уже в преклонном возрасте ушел из жизни и Карп Осипович. В настоящее время в тайге живет только одна его дочь Агафья Карповна.

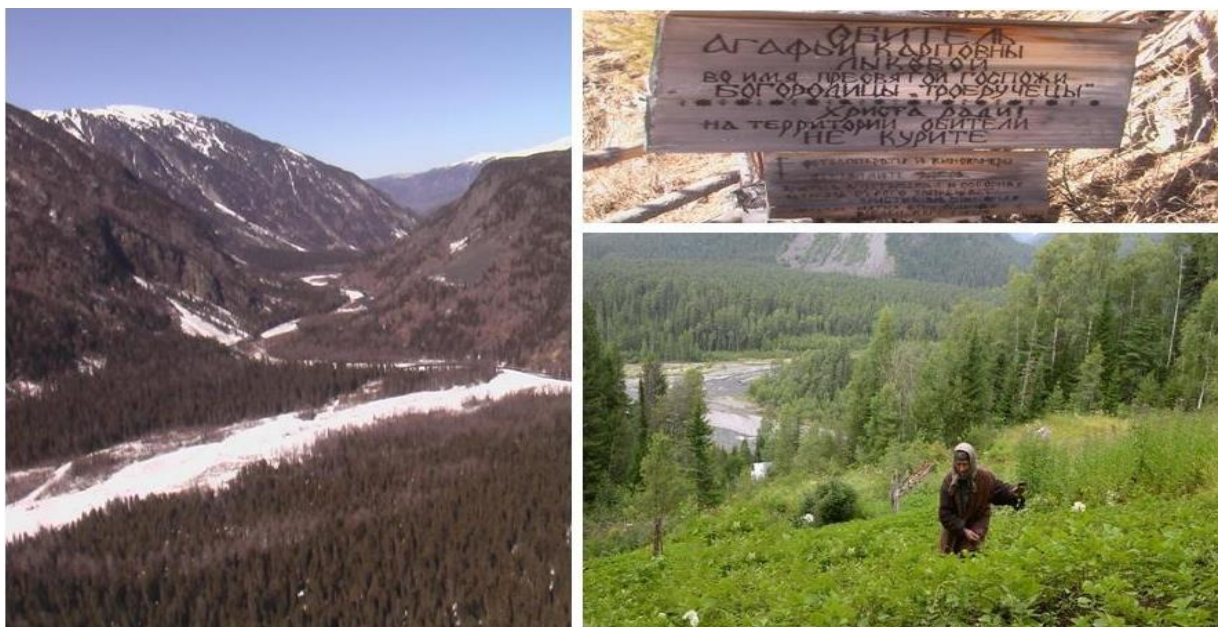


Рис. 2. Слева - общий вид горной местности в районе поселения Лыковых (по материалам <http://gorod.tomsk.ru/index-1250269319.php>). Справа - Агафья Карповна на прополке одного из огородов (фото И. Шпиленко, 2013).

Повествуя о жизни этой семьи, В.Песков пишет: **«Кормильцем семьи все годы был огород – пологий участок горы, раскорчеванный в тайге. Для страховки от превратностей горного лета раскорчеван был также участок ниже под гору и еще у самой реки: вверху учинился неурожай – внизу что-нибудь собираем (здесь и далее выделено М.П.). Вызревали на огороде картошка, лук, репа, горох, конопля, рожь. Семена, как драгоценность, наравне с железом и богослужебными книгами, сорок шесть лет назад были принесены из поглощенного теперь тайгой поселения. И ни разу никакая культура осечки за эти полвека не сделала – не выродилась, давала еду и семенной материал, берегли который, надо ли объяснять, пуще глаза... Случался ли голод? Да, 1961 год был для Лыковых страшным. Июньский снег с довольно крепким морозом погубил все, что росло в огороде, – «вызябла» рожь, а картошки собрали только на семена. Пострадали корма и таежные. Запасы предыдущего урожая зима поглотила быстро. Весною Лыковы ели солому, съели обувку из кожи, обивку с лыж, ели кору и березовые почки» (Песков, 1990).**

В целом, как свидетельствует опыт жизни отшельников Лыковых, за все истекшие 75 лет земледелия их тактика оказалась верной. Она позво-

ляла им выжить в сложнейших условиях горного рельефа, который чрезвычайно видоизменял и разнообразил структуру и продуктивность растительного покрова гор Хакасии (рис. 2). Лишь в один 1961 год применяемая агротехника дала осечку. В том году имеющимися огородами не удалось охватить всю амплитуду природной изменчивости урожайности продовольственных растений. И хотя вероятность неурожая и голода для семьи отшельников составила лишь около 1,3%, расплата за этот процент неудачи была жестокой. От голода умерла мать.

Опыт выживания отшельников Лыковых убедительно свидетельствует о необходимости непременно учитывать особенности поведения растений в горах. Отшельниками это было сделано на уровне интуиции и здравого смысла, примитивно. Но они приняли единственно верное решение: экологически оправданное размещение огородов в трех разных высотно-климатических поясах. Именно такое решение позволяло отшельникам получать нужные запасы пищи в течение многих лет, несмотря на постоянные колебания общеклиматического фона местности и сопряженную с ними колоссальную изменчивость урожайности растений.

Становится ясно, что уверенное агропроизводство продовольствия в горах можно обеспечить только комплексом системно организованных стационарных хронобиологических исследований поведения растений в режиме флюктуирующего горного климата (Проскуряков, 2012, 2013в). Выбор количества и схемы размещения необходимых для этого ключевых стационаров должен учитывать природное разнообразие биологической продуктивности горных агросистем. На основе наблюдений ключевых стационаров будет формироваться и постоянно пополняться база данных о движении границ оптимумов продовольственных растений, а также будут создаваться картограммы движения границ оптимумов пищевых растений. Это позволит исключить неоправданные риски и применять эффективную систему агропроизводства продовольствия.

Таким образом, хронобиологический анализ изменения свойств растений в режиме постоянного и закономерного для всей территории Земли цикличного флюктуирования климата является обязательным условием рационального агропроизводства продовольствия в любой стране, как в горных, так и в равнинных регионах. Чтобы отследить и понять такие изменения в равнинных условиях, необходимо кооперировать наблюдения на межгосударственном уровне. А в силу отмеченной выше территориальной компактности процессов климатогенной дифференциации местообитаний растений горные страны будут иметь даже преимущества в производстве продовольствия. Ведь в отличие от равнинных территорий здесь не требуется размещать агропромышленные комплексы и обслуживающий их персонал на больших расстояниях друг от друга. Тем самым значительно снизятся непроизводительные затраты, повысится рентабельность производства продовольствия.

С практическим внедрением рассмотренного выше концептуального решения проблема производства продовольствия сводится не к преодолению сил природы, не к стремлению исправить или любой ценой ослабить неблагоприятное влияние климата, а, наоборот, - к использованию природы, как главного помощника в создании благоприятных условий для тех видов пищевых растений, в которых человек нуждается. В основу успешного агропроизводства продовольствия будет положен непрерывный хронобиологический анализ поведения растений в режиме времени колебаний климата. Это позволит отслеживать смещения географических координат оптимумов в продуктивности растений, и уже на базе имеющихся точных знаний получать возможность решать задачи вовлечения в хозяйственный оборот именно тех пищевых растений, в таких местах их обитания и в такие сроки изменения климата, когда природа сама обеспечивает их наибольшую ресурсную продуктивность. Данное решение проблемы поможет использовать растения с наименьшими затратами и рисками, но с максимальной эффективностью, удастся вести агропроизводство избегая мест климатических невзгод, лавируя между ними в пространстве и времени флюктуации климата, и при этом постоянно получать максимальную биологическую продуктивность пищевых растений.

Список использованной литературы

Быков Б.А. Еловые леса Тянь-Шаня, их история, особенности и типология. Алма-Ата: АН КазССР, 1950. 128 с.

Воскова А.В. Современные фенологические тенденции в природе центральной части Русской равнины: Автореферат дис. ...канд. географ. наук. М., 2006. 26 с.

Минин А.А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. М.: Изд-во АБФ/АБФ, 2000а. 160 с.

Минин А.А. Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия // Известия РАН, серия географ. 2000б. № 3. С. 75-80.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 288 с.

Песков В. Таежный тупик. М.: Молодая гвардия, 1990. 64 с.

Проскуряков М.А. Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов. Алма-Ата: Изд. «Наука» Каз ССР, 1983. 215 с.

Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата // Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. Т.18 (1). Алматы, 2012. 228 с. ([http:// Plant chronobiology,climatechange.Proskurjakov](http://Plantchronobiology,climatechange.Proskurjakov)), (www.botsad.kz)

Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования при колебаниях климата // Изучение ботаниче-

ского разнообразия Казахстана на современном этапе / Тр. междунар. конф. 6-7 июня 2013. Алматы: Изд-во «LEM», 2013а. С.128-132 (www.botsad.kz).

Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ скорости и величины смещения характеристик растений при изменении климата // Там же. 2013б. С.132-135 (www.botsad.kz).

Проскуряков М.А. Градиентный и хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования в горах // Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана / Тр. международн. конф. 12-16 авг. 2013 г. Алматы: «Luxe Media Group», 2013в. С. 54-60 (www.botsad.kz).

Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В. и др. Хронобиологическая индикация уязвимости растений при изменении климата // Тр. междунар. конф. 6-7 июня 2013. Алматы: Изд-во «LEM», 2013а. С.140-143. (www.botsad.kz).

Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В. и др. Хронобиологический анализ адаптационной стратегии растений при изменении климата. Тр. междунар. конф. 6-7 июня 2013. Алматы: Изд-во «LEM», 2013б. С.143-148 (www.botsad.kz).

Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В. и др. Географическая и хронобиологическая изменчивость сроков развития растений // Тр. международн. конф. 12-16 авг. 2013г. Алматы: «Luxe Media Group», 2013в. С.124-130 (www.botsad.kz).

Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 304 с.

Шпиленко И. Двадцать часов на заимке Лыковых. 2013, 6 августа (<http://www.otshelnik.net.ru/modules/news/index.php?storytopic=2>).

Рецензент статьи: заведующая лабораторией растительных ресурсов Института ботаники и фитоинтродукции Казахстана, доктор биологических наук Н.Г. Гемеджиева.